OIPE
NOV 0 6 2003
PATENT & TRADEMARK OFFICE

500.43203X00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): ATSUMI, et al.

Serial No.: 10/680,315

Filed: October 8, 2003

Title: MAGNETIC DISK APPARATUS.

LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

November 6, 2003

Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on:

Japanese Patent Application No. 2003-154365
Filed: May 30, 2003

A certified copy of said Japanese Patent Application is attached.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP

Melvin Kraus
Registration No.: 22,466

MK/rr
Attachment

日　本　国　特　許　庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出　願　年　月　日
Date of Application:　２００３年　５月３０日

出　願　番　号
Application Number:　特願２００３－１５４３６５

[ST. 10/C]:　［Ｊ Ｐ ２００３－１５４３６５］

出　願　人
Applicant(s):　株式会社日立製作所

２００３年１０月１６日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office　今井康夫

出証番号　出証特２００３－３０８５０５１

【書類名】　特許願
【整理番号】　PE29010
【提出日】　平成15年 5月30日
【あて先】　特許庁長官　　殿
【国際特許分類】　G11B 21/10
【発明者】
　【住所又は居所】　茨城県土浦市神立町５０２番地
　株式会社日立製作所　機械研究所内
　【氏名】　熱海　武憲
【発明者】
　【住所又は居所】　神奈川県小田原市国府津２８８０番地
　株式会社日立製作所　ストレージ事業部内
　【氏名】　沼里　英彦
【発明者】
　【住所又は居所】　神奈川県小田原市国府津２８８０番地
　株式会社日立製作所　ストレージ事業部内
　【氏名】　阿部　二郎
【特許出願人】
　【識別番号】　000005108
　【氏名又は名称】　株式会社日立製作所
【代理人】
　【識別番号】　100098017
　【弁理士】
　【氏名又は名称】　吉岡　宏嗣
【手数料の表示】
　【予納台帳番号】　055181
　【納付金額】　21,000円
【提出物件の目録】
　【物件名】　明細書　1

【物件名】　図面　1

【物件名】　要約書　1

【プルーフの要否】　要

【書類名】　明細書

【発明の名称】　磁気ディスク装置

【特許請求の範囲】

【請求項１】　磁気記録媒体の情報を読み／書きする磁気ヘッドを目標位置に移動させる位置決め制御手段を備えた磁気ディスク装置において、

前記位置決め制御手段が、シーク開始から操作量の符号が変化する時点までは、目標トラックと現在位置と残距離に基づき目標値を発生させる速度制御系であり、操作量の符号が変化した時点以降は、時間関数による軌道を目標値とした２自由度制御系である

ことを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項２】　磁気記録媒体の情報を読み／書きする磁気ヘッドを目標位置に移動させる位置決め制御手段を備えた磁気ディスク装置において、

前記位置決め制御手段が、操作量が目標トラックと現在のヘッド位置との偏差に基づき計算される速度制御系と、操作量が時間に基づき計算される２自由度制御系と、操作量の符号が変化する時点で前記速度制御系から前記２自由度制御系に切り替える切替手段とを備えた

ことを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項３】　磁気記録媒体の情報を読み／書きする磁気ヘッドを目標位置に移動させる位置決め制御手段を備えた磁気ディスク装置において、

前記位置決め制御手段が、操作量が目標トラックと現在のヘッド位置との偏差に基づき計算される速度制御系と、操作量が時間に基づき計算される２自由度制御系と、操作量が零となる時点で前記速度制御系から前記２自由度制御系に切り替える切替手段とを備えた

ことを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項４】　請求項１ないし３のいずれか一項に記載の磁気ディスク装置において、

前記磁気ヘッドのシーク動作が、加速モードと、加速度がほぼ零となる等速モードと、減速モードとを有し、

少なくとも二つの移動距離において減速時の加速度の時刻歴応答が、時間の多

項式により表現される
ことを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項５】　請求項１ないし３のいずれか一項に記載の磁気ディスク装置において、

前記磁気ヘッドのシーク動作が、加速モードと、加速度がほぼ零となる等速モードと、減速モードとを有し、

減速開始時点の時刻をＴ１とし、Ｔ１とシーク動作が終了する時点の中間点の時刻をＴ２とした時、Ｔ１からＴ２の区間における加速度の時刻歴応答が、シーク開始時からＴ１までの加速度の一回積分値とシーク開始時からＴ１までの加速度の二回積分値を初期値として含む時間の多項式で近似表現される
ことを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項６】　請求項４または５に記載の磁気ディスク装置において、

減速モードの制御量が、ヘッド位置である
ことを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項７】　請求項４または５に記載の磁気ディスク装置において、

減速モードの制御量が、ヘッド速度である
ことを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項８】　磁気記録媒体と、前記磁気記録媒体の情報を読み／書きする磁気ヘッドと、磁気ヘッドを駆動するボイスコイルモータＶＣＭと、前記磁気ヘッドを目標位置に移動させる位置決め制御手段とを備えた磁気ディスク装置において、

前記磁気ヘッドのシーク動作が、加速モードと減速モードとを有し、

前記位置決め制御手段が、加速モードでは、速度フィードバック制御系であり、減速モードでは、時間関数による磁気ヘッド位置を目標値とした２自由度制御系であり、

前記速度フィードバック制御系が、現在ヘッド位置Ｐと目標トラックRefとの偏差に基づき目標速度を設定する目標速度発生器と、ヘッド位置信号Ｐに基づき推定速度を作成する速度推定器と、前記目標速度と前記推定速度との偏差に基づきＶＣＭ制御信号を得る速度制御器と、位置フィードバック用モデル位置とヘッ

ド位置信号Ｐとの偏差である位置誤差を取り込み当該位置誤差を圧縮するための位置フィードバック入力を出力する位置制御器と、前記ＶＣＭ制御信号と前記位置フィードバック入力との偏差を取り込む前記磁気ヘッドの剛体位置モデル，剛体速度モデル，共振モデルと，前記剛体位置モデルの出力と前記共振モデルの出力との和を取り込み前記位置フィードバック用モデル位置を出力する遅れモデルとからなり、

前記２自由度制御系が、加速モードからの切り替え時の初期値に基づきフィードフォワード入力を出力する加速度軌道と、前記初期値に基づく位置軌道と、前記フィードフォワード入力を取り込む共振モデルと、位置軌道Ｐｔの出力と共振モデルの出力との和を取り込む遅れモデルと、遅れモデルの出力とヘッド位置信号Ｐとの偏差である位置誤差を取り込む位置制御器と、前記フィードフォワード入力と前記位置制御器の出力との和をＶＣＭ制御信号とする加算手段とからなることを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項９】　磁気記録媒体と、前記磁気記録媒体の情報を読み／書きする磁気ヘッドと、前記磁気ヘッドを目標位置に移動させる位置決め制御手段とを備えた磁気ディスク装置において、

前記磁気ヘッドのシーク動作が、加速モードと減速モードとを有し、

前記位置決め制御手段が、加速モードでは、速度フィードバック制御系であり、減速モードでは、磁気ヘッド速度を目標値とした２自由度制御系であり、

前記速度フィードバック制御系が、現在ヘッド位置Ｐと目標トラックＲｅｆとの偏差に基づき目標速度を設定する目標速度発生器と、ヘッド位置信号Ｐに基づき推定速度を作成する速度推定器と、前記目標速度と前記推定速度との偏差に基づきＶＣＭ制御信号を得る速度制御器と、位置フィードバック用モデル位置とヘッド位置信号Ｐとの偏差である位置誤差を取り込み当該位置誤差を圧縮するための位置フィードバック入力を出力する位置制御器と、前記ＶＣＭ制御信号と前記位置フィードバック入力との偏差を取り込む前記磁気ヘッドの剛体位置モデル，剛体速度モデル，共振モデルと，前記剛体位置モデルの出力と前記共振モデルの出力との和を取り込み前記位置フィードバック用モデル位置を出力する遅れモデルとからなり、

前記２自由度制御系が、加速モードからの切り替え時の初期値に基づきフィードフォワード入力を出力する加速度軌道と、前記初期値に基づき速度軌道を出力する速度軌道と、前記加速度軌道の出力を取り込む遅れモデルと、ヘッド位置信号Ｐに基づき速度を推定する速度推定器と、前記遅れモデルの出力と前記速度推定器の出力との偏差から速度誤差を計算する加算手段と、速度誤差に基づき速度フィードバック入力を出力する速度制御器と、前記フィードフォワード入力と前記速度フィードバック入力とを加算しＶＣＭ制御信号とする加算手段とからなることを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項１０】　請求項８または９に記載の磁気ディスク装置において、

前記磁気ヘッドのシーク動作が、前記加速モードと減速モードとの間に、加速度がほぼ零となる等速モードを含み、

前記等速モード時には前記加速度モードと同じ速度制御系を用いる

ことを特徴とする磁気ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気ディスク装置に係り、特に、磁気ヘッドを目標位置に移動させる位置決め制御手段に関する。

【０００２】

【従来の技術】

コンピュータの外部記憶装置である磁気ディスク装置においては、磁気ヘッドが、回転している磁気ディスク面上の目標トラックに移動し、データを読み／書きしている。

【０００３】

一般に、磁気ヘッド位置決め制御系は、データを読み／書きするために同一トラックにヘッドを追従させ続けるフォロイング制御系と、データが存在する目標トラックまでヘッドを移動させるシーク制御系と、目標トラック近傍でシーク制御系からフォロイング制御系に繋ぐセトリング制御系とを含んでいる(例えば、特許文献１参照)。

【０００４】

シーク制御系では、移動距離が所定距離以上の場合には、加速時にボイスコイルモータＶＣＭの加速能力を最大限に引き出すために、ＶＣＭに加える電圧が飽和する場合がある。実際のシステムでは、ヘッドの移動速度に上限があるので、ヘッドの移動速度が上限に到達した場合は、ヘッドを最高速度で等速移動させる必要がある。

【０００５】

このようなシーク制御系に対しては、目標トラックと現在位置との差分(残距離)に応じて発生させる目標速度とヘッド位置情報とから推定するヘッド速度の偏差をフィードバックする速度制御系が用いられている。

【０００６】

この速度制御系では、加速中のＶＣＭ電圧の飽和や一定速度での移動が可能である。

【０００７】

一方、比較的短い移動距離においては、加速中にＶＣＭ電圧が飽和することはなく、移動速度の上限も超えないので、時間関数による滑らかな加速度軌道を用いた２自由度制御系が用いられている。

【０００８】

この２自由度制御系では、シーク動作中に発生する振動を抑制でき、誤差圧縮特性の高い位置フィードバック系を使用可能である。

【０００９】

【発明が解決しようとする課題】

残距離に基づき目標値を発生させる速度制御系は、制御入力の加加速度が大きいので、機構系に振動が発生しやすく、位置制御系と比べると、誤差圧縮特性が低い。その結果、シーク動作に騒音が発生し、セトリング時に機構系振動が生じやすい。

【００１０】

一方、時間関数による２自由度制御系は、ＶＣＭ電圧飽和が発生するとワインドアップ現象による性能悪化が避けられず、最高速度の制限にも対応できないの

で、長距離を移動するシーク系には、適用困難である。

【００１１】

このような問題に対して、特許文献１では、フィードフォワード系を速度制御系としてＶＣＭ電圧飽和や等速モードに対応し、フィードバック制御系を位置制御系とするシーク制御系を開示している。

【００１２】

特許文献１では、フィードバック制御系が位置制御系なので、高い外乱圧縮特性を期待できる。しかし、フィードフォワード制御系が残距離に基づき目標値を発生させる速度制御系であるために、機構系振動の抑制は困難である。

【００１３】

本発明の目的は、シーク動作中にＶＣＭ電圧飽和や等速モードにも対応でき、発生する振動が小さいシーク制御系を含む位置決め制御手段を備えた磁気ディスク装置を提供することである。

【００１４】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記目的を達成するために、磁気記録媒体の情報を読み／書きする磁気ヘッドを目標位置に移動させる位置決め制御手段を備えた磁気ディスク装置において、位置決め制御手段が、シーク開始から操作量の符号が変化する時点までは、目標トラックと現在位置と残距離に基づき目標値を発生させる速度制御系であり、操作量の符号が変化した時点以降は、時間関数による軌道を目標値とした２自由度制御系である磁気ディスク装置を提案する。

【００１５】

本発明は、また、磁気記録媒体の情報を読み／書きする磁気ヘッドを目標位置に移動させる位置決め制御手段を備えた磁気ディスク装置において、位置決め制御手段が、操作量が目標トラックと現在のヘッド位置との偏差に基づき計算される速度制御系と、操作量が時間に基づき計算される２自由度制御系と、操作量の符号が変化する時点で速度制御系から２自由度制御系に切り替える切替手段とを備えたる磁気ディスク装置を提案する。

【００１６】

本発明は、さらに、磁気記録媒体の情報を読み／書きする磁気ヘッドを目標位置に移動させる位置決め制御手段を備えた磁気ディスク装置において、位置決め制御手段が、操作量が目標トラックと現在のヘッド位置との偏差に基づき計算される速度制御系と、操作量が時間に基づき計算される２自由度制御系と、操作量が零となる時点で速度制御系から２自由度制御系に切り替える切替手段とを備えた磁気ディスク装置を提案する。

【００１７】

磁気ヘッドのシーク動作が、加速モードと、加速度がほぼ零となる等速モードと、減速モードとを有し、少なくとも二つの移動距離において減速時の加速度の時刻歴応答が、時間の多項式により表現されることも可能である。

【００１８】

磁気ヘッドのシーク動作が、加速モードと、加速度がほぼ零となる等速モードと、減速モードとを有し、減速開始時点の時刻をＴ１とし、Ｔ１とシーク動作が終了する時点の中間点の時刻をＴ２とした時、Ｔ１からＴ２の区間における加速度の時刻歴応答が、シーク開始時からＴ１までの加速度の一回積分値とシーク開始時からＴ１までの加速度の二回積分値を初期値として含む時間の多項式で近似表現されることも可能である。

【００１９】

減速モードの制御量は、ヘッド位置またはヘッド速度とすることができる。

【００２０】

本発明は、上記目的を達成するために、磁気記録媒体と、磁気記録媒体の情報を読み／書きする磁気ヘッドと、磁気ヘッドを駆動するボイスコイルモータＶＣＭと、磁気ヘッドを目標位置に移動させる位置決め制御手段とを備えた磁気ディスク装置において、磁気ヘッドのシーク動作が、加速モードと減速モードとを有し、位置決め制御手段が、加速モードでは、速度フィードバック制御系であり、減速モードでは、時間関数による磁気ヘッド位置を目標値とした２自由度制御系であり、速度フィードバック制御系が、現在ヘッド位置Ｐと目標トラックＲｅｆとの偏差に基づき目標速度を設定する目標速度発生器と、ヘッド位置信号Ｐに基づき推定速度を作成する速度推定器と、目標速度と推定速度との偏差に基づきＶＣ

M制御信号を得る速度制御器と、位置フィードバック用モデル位置とヘッド位置信号Ｐとの偏差である位置誤差を取り込み当該位置誤差を圧縮するための位置フィードバック入力を出力する位置制御器と、ＶＣＭ制御信号と位置フィードバック入力との偏差を取り込む磁気ヘッドの剛体位置モデル，剛体速度モデル，共振モデルと，剛体位置モデルの出力と共振モデルの出力との和を取り込み位置フィードバック用モデル位置を出力する遅れモデルとからなり、２自由度制御系が、加速モードからの切り替え時の初期値に基づきフィードフォワード入力を出力する加速度軌道と、初期値に基づく位置軌道と、フィードフォワード入力を取り込む共振モデルと、位置軌道Ｐｔの出力と共振モデルの出力との和を取り込む遅れモデルと、遅れモデルの出力とヘッド位置信号Ｐとの偏差である位置誤差を取り込む位置制御器と、フィードフォワード入力と位置制御器の出力との和をＶＣＭ制御信号とする加算手段とからなる磁気ディスク装置を提案する。

【００２１】

本発明は、また、磁気記録媒体と、磁気記録媒体の情報を読み／書きする磁気ヘッドと、磁気ヘッドを目標位置に移動させる位置決め制御手段とを備えた磁気ディスク装置において、磁気ヘッドのシーク動作が、加速モードと減速モードとを有し、位置決め制御手段が、加速モードでは、速度フィードバック制御系であり、減速モードでは、磁気ヘッド速度を目標値とした２自由度制御系であり、速度フィードバック制御系が、現在ヘッド位置Ｐと目標トラックRefとの偏差に基づき目標速度を設定する目標速度発生器と、ヘッド位置信号Ｐに基づき推定速度を作成する速度推定器と、目標速度と推定速度との偏差に基づきＶＣＭ制御信号を得る速度制御器と、位置フィードバック用モデル位置とヘッド位置信号Ｐとの偏差である位置誤差を取り込み当該位置誤差を圧縮するための位置フィードバック入力を出力する位置制御器と、ＶＣＭ制御信号と位置フィードバック入力との偏差を取り込む磁気ヘッドの剛体位置モデル，剛体速度モデル，共振モデルと，剛体位置モデルの出力と共振モデルの出力との和を取り込み位置フィードバック用モデル位置を出力する遅れモデルとからなり、２自由度制御系が、加速モードからの切り替え時の初期値に基づきフィードフォワード入力を出力する加速度軌道と、初期値に基づき速度軌道を出力する速度軌道と、加速度軌道の出力を取り

込む遅れモデルと、ヘッド位置信号Ｐに基づき速度を推定する速度推定器と、遅れモデルの出力と速度推定器の出力との偏差から速度誤差を計算する加算手段と、速度誤差に基づき速度フィードバック入力を出力する速度制御器と、フィードフォワード入力と速度フィードバック入力とを加算しＶＣＭ制御信号とする加算手段とからなる磁気ディスク装置を提案する。

【００２２】

いずれの磁気ディスク装置においても、磁気ヘッドのシーク動作が、加速モードと減速モードとの間に、加速度がほぼ零となる等速モードを含む場合は、等速モード時には、加速度モードと同じ速度制御系を用いることができる。

【００２３】

本発明のシーク動作は、加速モード，等速モード，減速モードの順に区分される。これらのうち、ＶＣＭ電圧飽和が問題となるのは、加速モードである。また、等速モードは、移動速度が最高速度に達した場合のみ存在する。

【００２４】

加速モードでは、シーク終端までの時間に余裕があるため、発生した機構系振動がセトリング系に与える影響は小さい。

【００２５】

同様に、等速モードでは、加速度がほぼ零となるので、発生した機構系振動がセトリング系に与える影響は小さい。

【００２６】

一方、減速モードにおいては、電圧飽和や速度制限等は、問題になりにくいが、シーク終端までの時間に余裕が無いため、発生した機構系振動がセトリング時において残留振動となりやすい。したがって、加速や等速モードと比較して、セトリング時間に与える影響が大きい。

【００２７】

本発明の位置決め制御手段は、ＶＣＭ電圧飽和が発生する加速モードと、速度制限による等速モードとにおいては、目標トラックと現在位置の偏差に基づき目標値を生成する速度制御系を適用する。

【００２８】

目標値の計算方法は、減速モードに用いる加速度軌道にとって望ましい残距離と移動速度との関係に基づき設計する。

【００２９】

その結果、移動距離などの条件によらず、減速モードの開始時点での残距離と速度との関係を軌道初期値として、理想的な条件に保つことが可能となる。

【００３０】

減速モードにおいては、時間関数による軌道を目標値とした２自由度制御系を適用する。軌道演算の際に使用する初期値は、減速開始時の位置と速度とを与えて、目標減速時間は、減速開始時点での残距離に応じて決定する。

【００３１】

その結果、機構系の共振を励起しにくい滑らかな加速度軌道を実現することが可能となる。

【００３２】

加速および等速モードの速度制御系に与える残距離と移動速度との関係と、減速時に用いる残距離と目標減速時間との関係とを、減速時に用いる軌道演算式に応じて設計すると、減速時に発生する最大加速度や最大加加速度の最適設定が可能となる。

【００３３】

【発明の実施の形態】

次に、図１～図１５を参照して、本発明による磁気ディスク装置の実施形態を説明する。

【００３４】

【実施形態１】

図１は、本発明による磁気ディスク装置の実施形態１のヘッド位置決め制御系の系統構成を示すブロック線図である。

【００３５】

スピンドルモータ６には、記録媒体である磁気ディスク５が固定されており、定められた回転数により回転している。スピンドルモータ６に保持された磁気ディスク５の側方向には、ピボット軸受３が、スピンドルモータ軸に平行になるよ

うに設けられている。キャリッジ４は、ピボット軸受３に揺動可能に固定されている。磁気ヘッド１は、キャリッジ４の先端に固定されている。ボイスコイルモータＶＣＭ２は、磁気ヘッド１を移動させる動力を発生する。

【００３６】

磁気ヘッド１は、磁気ディスク５上のサーボセクタ７に記録されている位置信号を検出し、現在位置を知る。磁気ヘッド１で検出された位置信号は、ヘッド信号増幅器８により増幅され、サーボ信号復調器９により復調される。
復調されたサーボ信号１９は、ＡＤ変換器１０により位置信号Ｐとなり、バス１３を介してＭＰＵ１６に取り込まれる。

【００３７】

ＭＰＵ１６には、バス１３を介して、ＲＯＭ１５，ＲＡＭ１４が接続されている。ＲＯＭ１５には、ＭＰＵ１６で実行する本発明を含む各種の制御プログラムと、各種の制御に必要なパラメータとが格納されている。ＭＰＵ１６は、ヘッド位置信号Ｐを処理し、ＶＣＭ制御信号Ｄを生成する。

【００３８】

インタフェースコントローラ１７は、ホスト側コントローラ１８のコマンドを受け、バス１３を介して、ＭＰＵ１６に読み／書きのアクセス要求を出す。
データの読み／書きを要求するコマンド(シークコマンド)が発行されると、
ＭＰＵ１６は、ＲＯＭ１５に記録される位置決め方法を実行し、現在のヘッド位置Ｐから目標トラックＲｅｆまでの距離に応じて、最適なＶＣＭ制御信号Ｄを生成する。

【００３９】

生成されたＶＣＭ制御信号Ｄは、ＤＡ変換器１１によりパワーアンプ制御信号２２となり、パワーアンプ１２により電流２３に変換され、ＶＣＭ２に印加される。ＶＣＭ２は、磁気ヘッド１を移動させる駆動力を発生し、磁気ヘッド１を目標位置に位置決めする。

【００４０】

本発明は、現在ヘッド位置Ｐと目標トラックＲｅｆの差に基づいてＶＣＭ制御信号Ｄを生成する位置決め制御手段に関する。

【００４１】

図２は、本発明による磁気ディスク装置の位置決め制御手段と制御対象との基本的関係を示すブロック線図であり、図１で説明したＭＰＵ１６の処理により実現される。

【００４２】

図２において、制御対象２００とは、ＭＰＵ１６で計算されるＶＣＭ制御信号Ｄを入力とし、磁気ヘッド１のトラック位置がディジタル化されて位置信号Ｐとして出力されるまでの伝達特性を意味する。

【００４３】

位置決め制御手段１００は、データを読み／書きする目標トラックRefと現在のヘッド位置を示す位置信号Ｐとを入力し、これらの入力値に基づき磁気ヘッドを位置決めするＶＣＭ制御信号Ｄを計算し、ＶＣＭ２に印加する。

【００４４】

なお、実施形態１では、位置情報２０のサンプリング周期およびＶＣＭ制御信号Ｄの入力周期はともにＴｓ秒とする。

【００４５】

位置決め制御手段１００は、シーク制御系として加速／等速モードと減速モードとの二つを有し、制御系の状態に応じてモードを切り替える。加速／等速モードは、シーク開始から目標速度に到達するまでの動作モードである。

【００４６】

図３は、本発明による磁気ディスク装置の加速／等速モードの制御量をヘッド位置とした実施形態１の制御系の構成を示すブロック線図である。

【００４７】

加速／等速モードでは、フィードバック制御系は、速度制御系である。速度制御系の制御量は、ヘッド速度である。しかし、ヘッド速度を直接観測することは困難なので、速度推定器４７が、ヘッド位置信号Ｐに基づき、推定速度２８を作成し、速度制御系の制御量とする。

【００４８】

目標速度発生器４０は、現在ヘッド位置Ｐと目標トラックRefとの偏差に基づ

き、目標速度２７を設定する。

【００４９】

速度制御器４６は、目標速度２７から推定速度２８を引いた値を入力し、速度フィードバック入力３１を得る。ＶＣＭ制御入力Ｄは、速度フィードバック入力３１とする。

【００５０】

実施形態１の加速／等速モードでは、内部モデルとして、剛体位置モデル４１、剛体速度モデル４２、共振モデル４３，遅れモデル４４を備える。なお、制御対象の共振特性の影響が小さい場合やモデル化が困難な場合は、必ずしも共振モデル４３を考慮する必要は無い。

【００５１】

剛体モデル位置Ｐｍ３２は、前サンプル時点での剛体モデル位置Ｐｍｂ，前サンプル時点での剛体モデル速度Ｖｍｂ，モデルへの入力信号Ｕｍ，周期Ｔｓを用いて、

$Pm = Pmb + Ts \times Vmb + (1/2)Ts^2 \times Um$

と表現できる。

【００５２】

剛体モデル速度は、

$Vm = Vmb + Ts \times Um$

として計算される。

【００５３】

共振モデル４３は、入力信号から共振モデル位置までのパルス伝達関数を用いて表現した場合、連続時間系での振動モードを表す

$a/(s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2)$

をサンプリング周期Ｔｓで零次ホールドにより離散化したモデルとする。

【００５４】

遅れモデル４４は、制御系の持つ無駄時間をＴｄとしてパルス伝達関数を用いて表現した場合、無駄時間要素の伝達関数

$\exp(-T_d s)$

を有利関数に近似した後に離散時間系において実現したモデルとする。実施形態１では、有理関数に近似する方法としてＰａｄｅ1次近似を用いる。

【００５５】

このような内部モデルを持つと、制御系の持つ無駄時間および共振特性の影響を取り除いた位置および速度を推定できる。

【００５６】

推定された剛体モデル位置および剛体モデル速度は、減速時に用いる軌道式の初期値として使用する。

【００５７】

位置制御器４５は、望ましい制御性能を実現するためのフォロイング補償器からなり、位置フィードバック用モデル位置３４とヘッド位置信号Ｐとの偏差である位置誤差２９を取り込み、この位置誤差を圧縮するための位置フィードバック入力３０を出力する。

【００５８】

剛体位置モデル４１，剛体速度モデル４２，共振モデル４３への入力は、速度フィードバック入力３１から位置フィードバック入力３０を引いた値とする。遅れモデルへの入力は、剛体位置モデルの出力と共振モデルの出力との和とする。

【００５９】

加速モードと減速モードとの間に加速度がほぼ零となる等速モードを有するシーク動作において、減速開始時点の時刻をＴ１とし、Ｔ１とシーク動作が終了する時点の中間点の時刻をＴ２とした時、Ｔ１からＴ２の区間における加速度の時刻歴応答は、シーク開始時からＴ１までの加速度の一回積分値とシーク開始時からＴ１までの加速度の二回積分値を初期値として含む時間の多項式で近似表現される。

【００６０】

加速／等速モードにおいて、推定速度２８の絶対値が目標速度２７の絶対値以上の大きさになった場合、速度フィードバック入力３１の値を０とし、制御モードを減速モードに切り替える。

【００６１】

ただし、目標速度２７が設定した最高速度である場合は、ヘッド位置Ｐと目標トラックRefとの偏差が所定値以下となった場合に、制御モードを減速モードに切り替える。

【００６２】

したがって、目標速度発生器４０が、加速／等速モードから減速モードへの切り替え条件を決定する。

【００６３】

次に、減速モードについて説明する。実施形態１で、減速モードは、減速開始からシーク完了までの動作モードとする。

【００６４】

図４は、本発明による磁気ディスク装置の減速モードの制御量を磁気ヘッド位置とした実施形態１の制御系の構成を示すブロック線図である。

【００６５】

位置制御器４５、共振モデル４３、遅れモデル４４は、加速／等速モードと同じとする。

【００６６】

遅れモデル４４への入力は、位置軌道Ｐｔ５０の出力と共振モデル４３の出力との和となる。位置制御器４５への入力は、位置フィードバック用モデル位置３４とヘッド位置信号Ｐとの偏差である位置誤差２９である。

【００６７】

加速度軌道Ut４９および位置軌道Ｐｔ５０は、減速モード開始からの時間ｔ[ｓ]の関数であり、初期位置ｘ０[m]，初期速度ｖ０[m／ｓ]，目標減速時間Ｔ[ｓ]からなる初期値４８により、その軌跡が決定される。

位置軌道Ｐｔは、任意の関数を選択でき、加速度軌道Ｕｔは、位置軌道Ｐｔを二回微分した関数とする。

【００６８】

位置軌道Ｐｔおよび加速度軌道Utは、初期値４８の値に応じて、その軌跡が決定される。

初期値４８のうち、初期位置ｘ０[m]には、減速開始時の剛体モデル位置Ｐｍを代入し、初期速度ｖ０[m／ｓ]には、減速開始時剛体モデル速度Ｖｍを代入する。目標減速時間Ｔは、ヘッド位置Ｐと目標トラックRefとの偏差により設定する。

【００６９】

目標速度発生器４０と目標減速時間Ｔの設計方法の一例を説明する。

【００７０】

まず、減速時の加速度軌道Ｕｔの絶対値の最大値とＵｔの微分値(加加速度)の最大値とを設定する。これら最大値の制約条件の下に、目標減速時間Ｔが最小となる初期位置ｘ０と初期速度ｖ０との組み合わせを探索する。

【００７１】

探索する範囲は、求められた初期速度ｖ０が制御系で許容される最高速度以下になる範囲とする。その結果、ｘ０，ｖ０，Ｔの関係が一意に定まる。

【００７２】

目標速度発生器４０は、求められたｘ０とｖ０の関係に基づき、ｘ０に応じて目標速度となるｖ０を計算する。残距離がｘ０の最大値より大きい場合は、最高速度を目標速度として出力する。同様に目標時間Ｔは、ｘ０とＴの関係に基づき計算する。

【００７３】

実施形態１では、シーク終端において、位置，速度，加速度，加加速度が零となる位置６次軌道Ｐｔ，加速度４次軌道Ｕｔを選び、Ｐｔの絶対値を最大1920m／ｓ^2、Ｕｔの微分値を最大3000000m／ｓ^{3}とした場合について説明する。

【００７４】

図５(Ａ)は、ｘ０とｖ０との関係を示す図であり、図５(Ｂ)は、ｘ０とＴとの関係を示す図である。

【００７５】

図６は、図５中に○印で示した点を初期値とした場合の位置軌道Ｐｔの出力の時刻歴応答を示す図である。

【００７６】

図７は、図５中に○印で示した点を初期値とした場合の加速度軌道Ｕｔの出力の時刻歴応答を示す図である。

【００７７】

図８は、図５中に○印で示した点を初期値とした場合の加速度軌道Ｕｔの微分値の時刻歴応答を示す図である。

【００７８】

これらの図によれば、ｘ０，ｖ０，Ｔの関係により、減速時の最大加速度(絶対値)が１９２０ｍ／ｓ^{2}以下に抑えられ、加速度軌道Ｕｔの微分値の最大値が3000000ｍ／ｓ^{3}以下に抑えられていることが分かる。

【００７９】

本発明を用いた場合のシーク制御系のシミュレーション結果について説明する。

【００８０】

まず、目標トラックＲｅｆを比較的近い２．３２ｍｍとした場合について検討する。

【００８１】

図９は、制御対象に生じる加速度の時刻歴応答を示すタイムチャートである。シーク開始から加速度が最初に０となる点までが加速／等速モードであり、それ以降が減速モードである。

【００８２】

減速モード時の加速度軌道は、滑らかな軌跡を有し、最大値(絶対値)が設計値である１９２０ｍ／ｓ^{2}となっている。

【００８３】

図１０は、横軸をヘッド位置とし、縦軸をヘッド速度とした場合に、位相曲線を太線で示し、目標速度を細線で示す図である。位相曲線が目標速度と交差するまでが加速／等速モードであり、交差した後が減速モードとなる。

【００８４】

図１１は、目標トラック近傍でのヘッド位置の時刻歴応答を示すタイムチャートである。

【００８５】

本発明によるシーク制御系では、目標となるモデル位置に対して、実際のヘッド位置が精度良く追従し、残留振動もほとんど無い。

【００８６】

次に、目標トラックRefを比較的遠い１８．５９ｍｍとした場合について検討する。

【００８７】

図１２は、制御対象に生じる加速度の時刻歴応答を示すタイムチャートである。

【００８８】

減速モード時の加速度軌道は、滑らかな軌跡を有し、最大値(絶対値)が設計値である１９２０ｍ／ｓ^{2}となっている。

【００８９】

図１３は、横軸をヘッド位置とし、縦軸をヘッド速度とした場合に、位相曲線を太線で示し、目標速度を細線で示す図である。

【００９０】

この場合は、加速／等速モードにおいて、ヘッド速度が設定した最高速度に到達するので、残距離がｘ０の最大値４．８５ｍｍより小さくなるまでが、加速／等速モードとなる。

【００９１】

図１４は、本発明による磁気ディスク装置の実施形態１の制御手順を示すフローチャートである。

【００９２】

まず、シークコマンドが発行されたら、データを読み／書きする目標トラックに対応した目標位置Refを設定し、モードを加速／等速モードとする(ステップＳ１)。

【００９３】

次に、ヘッド位置を検出し(ステップＳ２)、位置制御器４１の演算を実行し(ステップＳ３)、内部モデルの演算を実行する(ステップＳ４)。

【００９４】

ステップＳ３とステップＳ４とは、加速／等速モードと減速モードで計算方式が変化することに注意する。

【００９５】

ここで、モードが加速／等速モードであるか減速モードであるかを判定する（ステップＳ５）。加速／等速モードの場合は、推定速度の演算を実行し（ステップＳ６）、目標速度発生器の演算を実行する（ステップ７）。

【００９６】

その後、残距離の大きさとｘ０の最大値とを比較し、目標速度の絶対値と推定速度の絶対値とを比較する（ステップＳ８）。

【００９７】

残距離がｘ０の最大値よりも小さく、かつ目標速度の絶対値が推定速度の絶対値以下の場合は、モードを減速モードに切り替え（ステップＳ１０）、速度フィードフォワード入力＝０とし（ステップＳ１１）、ＶＣＭ制御信号Ｄを出力し（ステップＳ１２）、ステップＳ２に戻る。

【００９８】

それ以外の場合は、速度制御器の演算を実行し（ステップＳ９）、ＶＣＭ制御信号Ｄを出力後（ステップＳ１２）、ステップＳ２に戻る。

【００９９】

ステップＳ５において、モードが減速モードであった場合、減速モードの初回時において初期値４８を設定する（ステップＳ１３）。

【０１００】

その後、位置軌道Ｐｔと加速度軌道Ｕｔとを演算し（ステップＳ１４）、ＶＣＭ制御信号Ｄを出力する（ステップＳ１５）。

【０１０１】

減速モード開始からの時間ｔと目標減速時間Ｔとを比較し（ステップＳ１６）、ｔ＜Ｔであれば、ステップＳ２に戻り、ｔ≧Ｔであれば、シーク動作を終了する。

【０１０２】

【実施形態２】

実施形態２におけるヘッド位置決め制御系の系統構成と、磁気ディスク装置の位置決め制御手段と制御対象との基本的関係と、磁気ディスク装置の加速／等速モードの制御量をヘッド位置とした制御系とは、実施形態１の図１，図２，図３とほぼ同じなので、説明を省略する。

【０１０３】

実施形態１では、減速モードの制御量をヘッド位置としたが、実施形態２では、減速モードの制御量をヘッド速度とする。

【０１０４】

図１５は、本発明による磁気ディスク装置の減速モードの制御量を速度とした実施形態２の制御系の構成を示すブロック線図である。

【０１０５】

実施形態の制御系は、加速モードからの切り替え時の初期値に基づきフィードフォワード入力３２を出力する加速度軌道４９と、前記初期値に基づき速度軌道を出力する速度軌道２５０と、速度軌道の出力を取り込む遅れモデル４４と、ヘッド位置信号Ｐに基づき速度を推定する速度推定器４７と、遅れモデル４４の出力と速度推定器４７の出力との偏差から速度誤差２２９を計算する加算手段と、速度誤差２２９基づき速度フィードバック入力３１を出力する速度制御器４６と、フィードフォワード入力３２と速度フィードバック入力３１を加算しＶＣＭ制御信号とする加算手段とからなる。

【０１０６】

減速モードで計算する軌道に関して、シーク終端において位置，速度，加速度，加加速度が零となる速度５次軌道を速度軌道Ｖｔとして選び、加速度４次軌道を加速度軌道Ｕｔとして選ぶ。

【０１０７】

実施形態１と同様に、Ｕｔの絶対値を最大1920m／ｓ^{2}とし、Ｕｔの微分値を最大3000000m／ｓ^{3}とした場合、ｘ０とｖ０との関係曲線およびｘ０とＴとの関係曲線は、実施形態１と同じになる。

【０１０８】

フィードバック補償器は、速度制御器となり、その入力は、速度軌道Ｖｔの出力に無駄時間特性を含ませた目標速度と速度推定値との差分とする。

【０１０９】

ＶＣＭ制御信号Ｄは、フィードフォワード入力と速度フィードバック入力との和とする。

【０１１０】

実施形態２では、加速／等速モードにおける内部モデルへの入力は、速度フィードバック入力３１と位置フィードバック入力３０との差としているが、速度フィードバック入力の代わりに検出したＶＣＭ電流値に基づく加速度の推定値を用いることも可能である。このようにすると、電圧飽和に伴う内部モデルと実際のヘッド位置との乖離を抑制できる。

【０１１１】

実施形態２では、初期値ｘ０およびｖ０の推定に内部モデルを使用したが、初期値ｘ０およびｖ０の推定にモデルを用いずに、ヘッド位置およびＶＣＭ電流値から推測する方式を適用することも可能である。

【０１１２】

実施形態２では、セトリングモードを用いずに制御する方式であったが、ヘッド位置が目標トラックに近づいた時点でセトリングモードに切り替えることも可能である。この場合は、減速開始時からセトリングモードに切り替えるまでが減速モードの適用範囲となる。

【０１１３】

実施形態２では、共振モデルを次数２次のパルス伝達関数で表現したが、定数ゲインの共振モデルとすることも可能である。

【０１１４】

【発明の効果】

本発明によれば、シーク動作中にＶＣＭ電圧飽和や等速モードにも対応でき、発生する振動が小さいシーク制御系を含む位置決め制御手段を備えた磁気ディスク装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図１】

本発明による磁気ディスク装置の実施形態１のヘッド位置決め制御系の系統構成を示すブロック線図である。

【図２】

本発明による磁気ディスク装置の位置決め制御手段と制御対象との基本的関係を示すブロック線図である。

【図３】

本発明による磁気ディスク装置の加速／等速モードの制御量をヘッド位置とした実施形態１の制御系の構成を示すブロック線図である。

【図４】

本発明による磁気ディスク装置の減速モードの制御量を磁気ヘッド位置とした実施形態１の制御系の構成を示すブロック線図である。

【図５】

（Ａ）は、ｘ０とｖ０との関係を示す図であり、（Ｂ）は、ｘ０とＴとの関係を示す図である。

【図６】

図５中に○印で示した点を初期値とした場合の位置軌道Ｐｔの出力の時刻歴応答を示す図である。

【図７】

図５中に○印で示した点を初期値とした場合の加速度軌道Ｕｔの出力の時刻歴応答を示す図である。

【図８】

図５中に○印で示した点を初期値とした場合のＵｔの微分値の時刻歴応答を示す図である。

【図９】

本発明による磁気ディスク装置の実施形態１においてＲｅｆを２．３２ｍｍとした場合に、制御対象に生じる加速度の時刻歴応答を示すタイムチャートである。

【図１０】

本発明による磁気ディスク装置の実施形態１においてＲｅｆを２．３２ｍｍとし

、横軸をヘッド位置とし、縦軸をヘッド速度とした場合に、位相曲線を太線で示し、目標速度を細線で示す図である。

【図１１】

本発明による磁気ディスク装置の実施形態１においてRefを２．３２ｍｍとした場合に、目標トラック近傍でのヘッド位置の時刻歴応答を示すタイムチャートである。

【図１２】

本発明による磁気ディスク装置の実施形態１においてRefを１８．５９ｍｍとした場合に、制御対象に生じる加速度の時刻歴応答を示すタイムチャートである。

【図１３】

本発明による磁気ディスク装置の実施形態１においてRefを１８．５９ｍｍとし、横軸をヘッド位置とし、縦軸をヘッド速度とした場合に、位相曲線を太線で示し、目標速度を細線で示す図である。

【図１４】

本発明による磁気ディスク装置の実施形態１の制御手順を示すフローチャートである。

【図１５】

本発明による磁気ディスク装置の減速モードの制御量を速度とした実施形態２の制御系の構成を示すブロック線図である。

【符号の説明】

1　磁気ヘッド
2　ボイスコイルモータＶＣＭ
3　ピボット軸受
4　キャリッジ
5　磁気ディスク
6　スピンドルモータ
7　サーボセクタ
8　ヘッド信号増幅器

９　サーボ信号増幅器
１０　ＡＤ変換機
１１　ＤＡ変換機
１２　パワーアンプ
１３　バス
１４　ＲＡＭ
１５　ＲＯＭ
１６　ＭＰＵ
１７　インタフェースコントローラ
１８　ホスト側コントローラ
１９　サーボ信号
２０　ヘッド位置信号
２１　ＶＣＭ制御信号
２２　パワーアンプ制御信号
２３　電流
２７　目標速度
２８　推定速度
２９　位相誤差
３０　位置フィードバック入力
３１　速度フィードバック入力
３２　フィードフォワード入力
３４　モデル位置
４０　目標速度発生器
４１　剛体位置モデル
４２　剛体速度モデル
４３　共振モデル
４４　遅れモデル
４６　速度制御器
４７　速度推定器

４８　初期値

４９　加速度軌道

５０　位置軌道

１００　位置決め制御手段

２００　制御対象

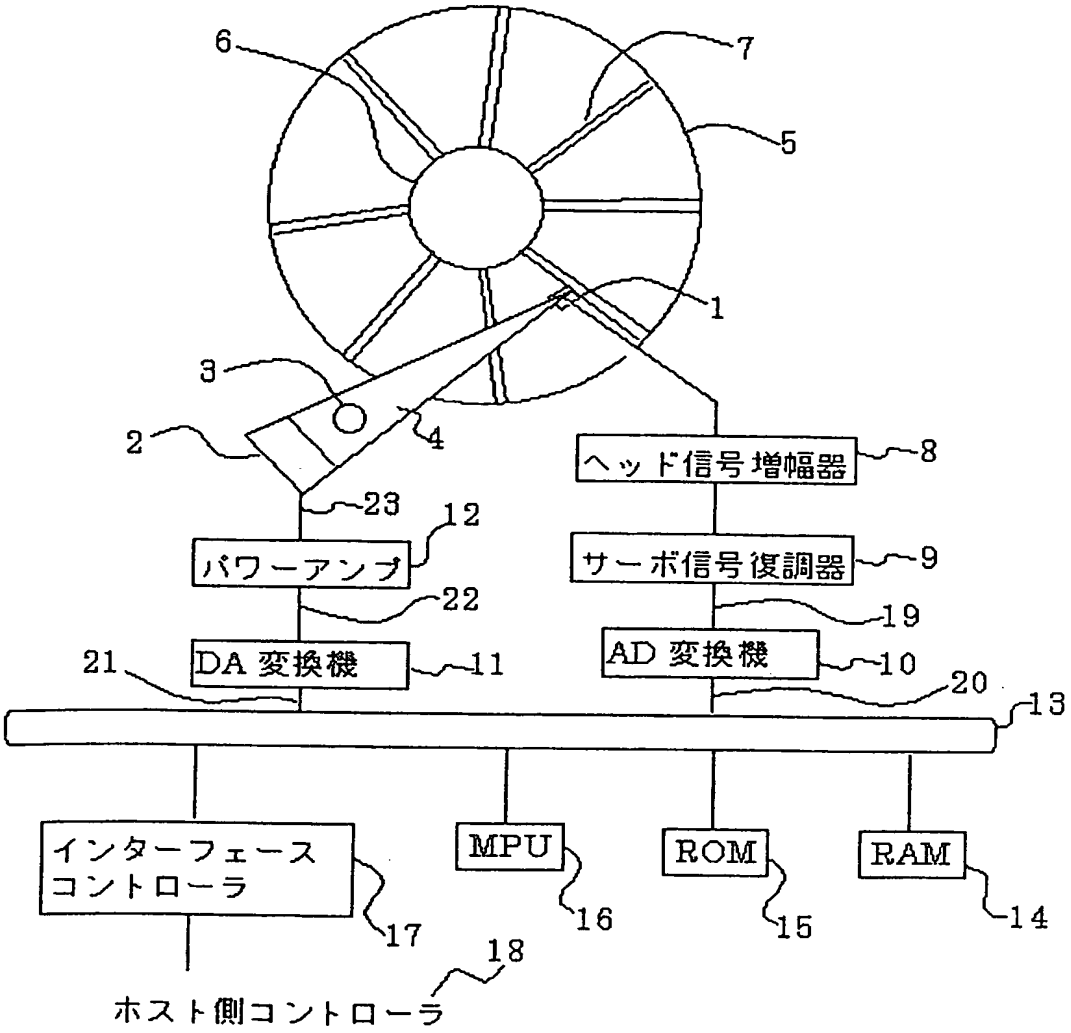
２２９　速度誤差

２３４　目標速度

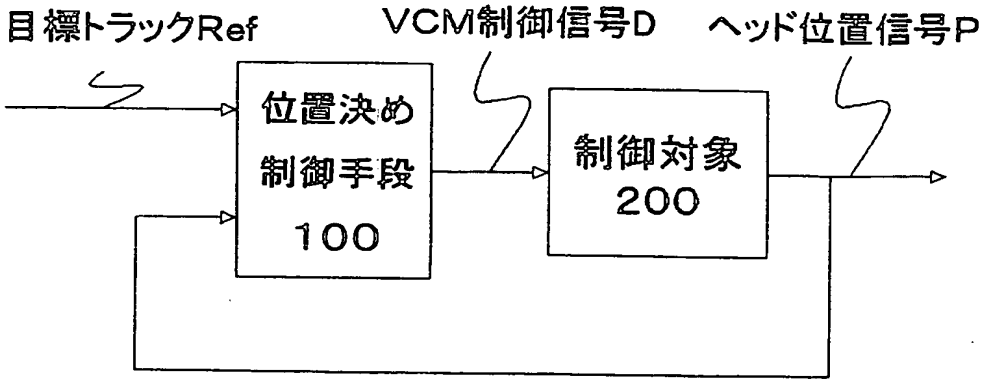
２５０　速度軌道

【書類名】　図面

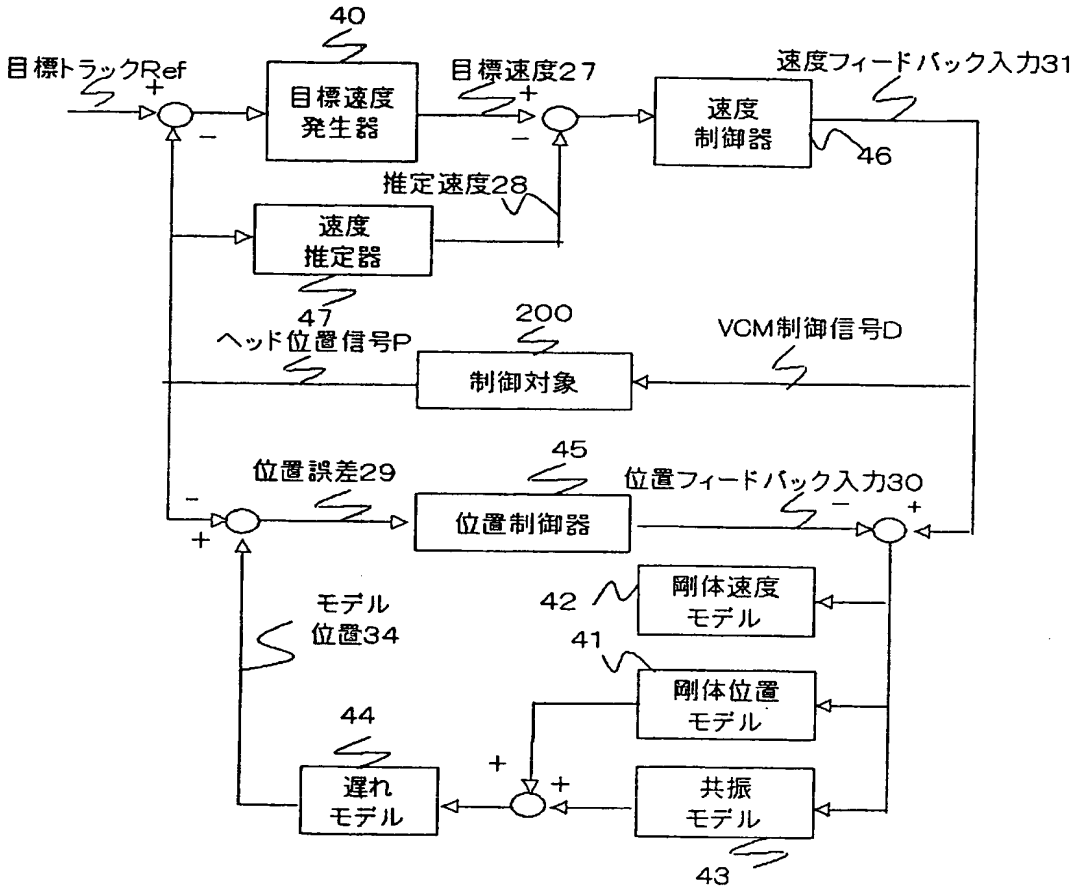
【図１】


6
7
5
1
3
2
4
ヘッド信号増幅器
8
23
12
パワーアンプ
サーボ信号復調器
9
22
19
21
DA 変換機
11
AD 変換機
10
20
13
インターフェース
コントローラ
MPU
ROM
RAM
17
16
15
14
18
ホスト側コントローラ

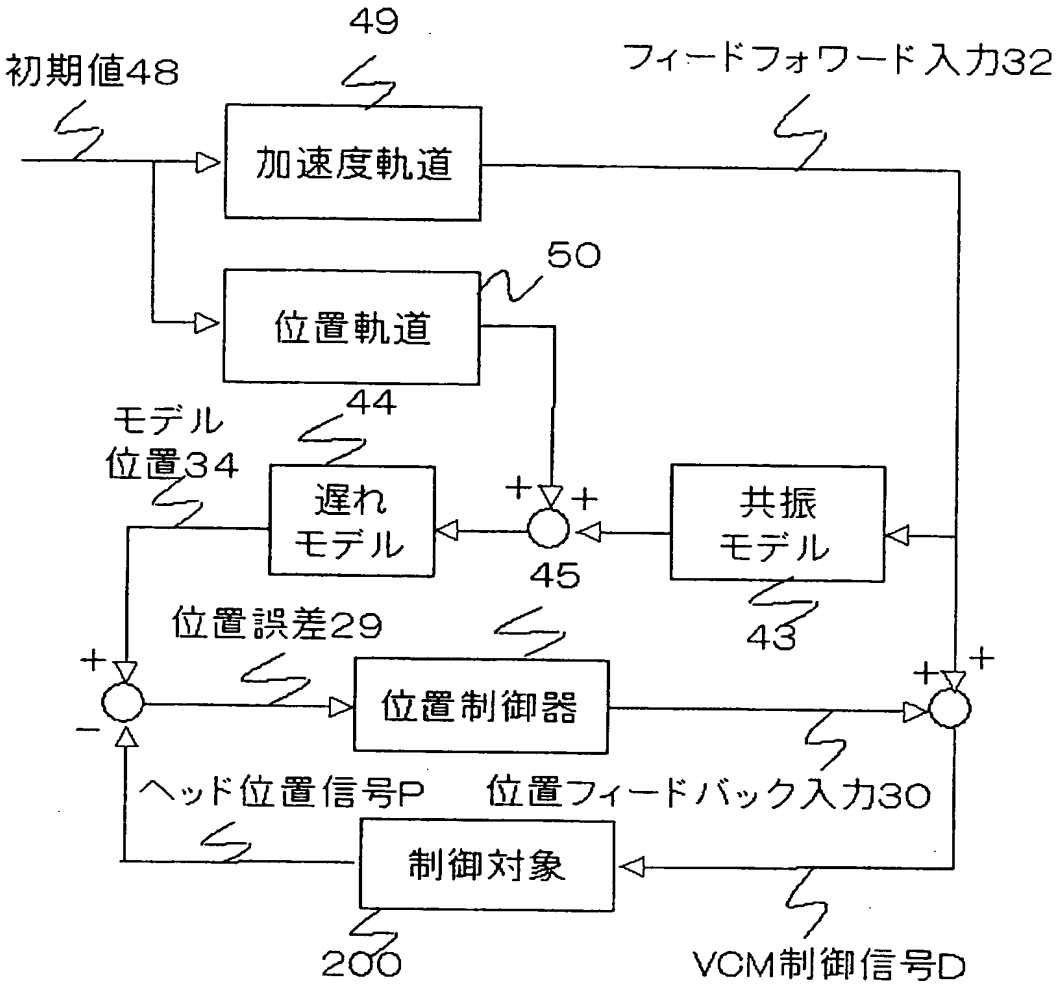
【図２】


目標トラックRef
VCM制御信号D
ヘッド位置信号P
位置決め
制御手段
100
制御対象
200

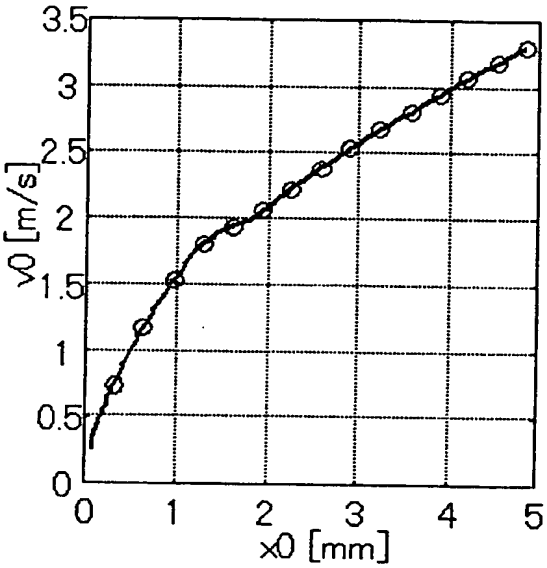
【図３】


40
目標トラックRef
目標速度発生器
目標速度27
速度フィードバック入力31
速度制御器
46
推定速度28
速度推定器
47
200
ヘッド位置信号P
制御対象
VCM制御信号D
45
位置誤差29
位置制御器
位置フィードバック入力30
モデル位置34
42
剛体速度モデル
41
剛体位置モデル
44
遅れモデル
共振モデル
43

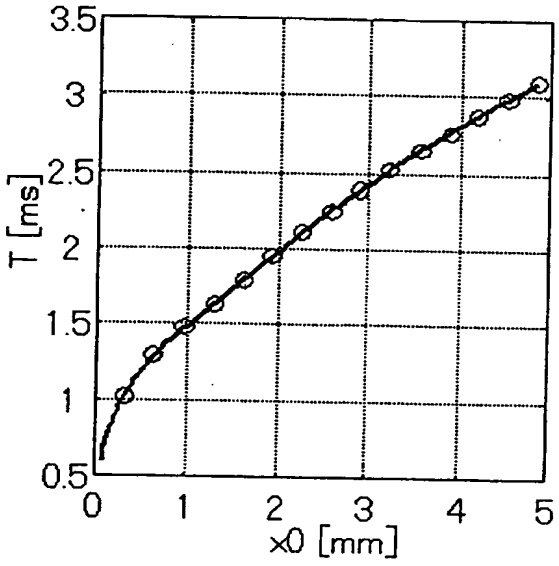
【図４】


49
初期値48
フィードフォワード入力32
加速度軌道
50
位置軌道
44
モデル
位置34
遅れ
モデル
+
+
45
共振
モデル
43
位置誤差29
+
−
位置制御器
+
+
ヘッド位置信号P
位置フィードバック入力30
制御対象
200
VCM制御信号D

【図５】

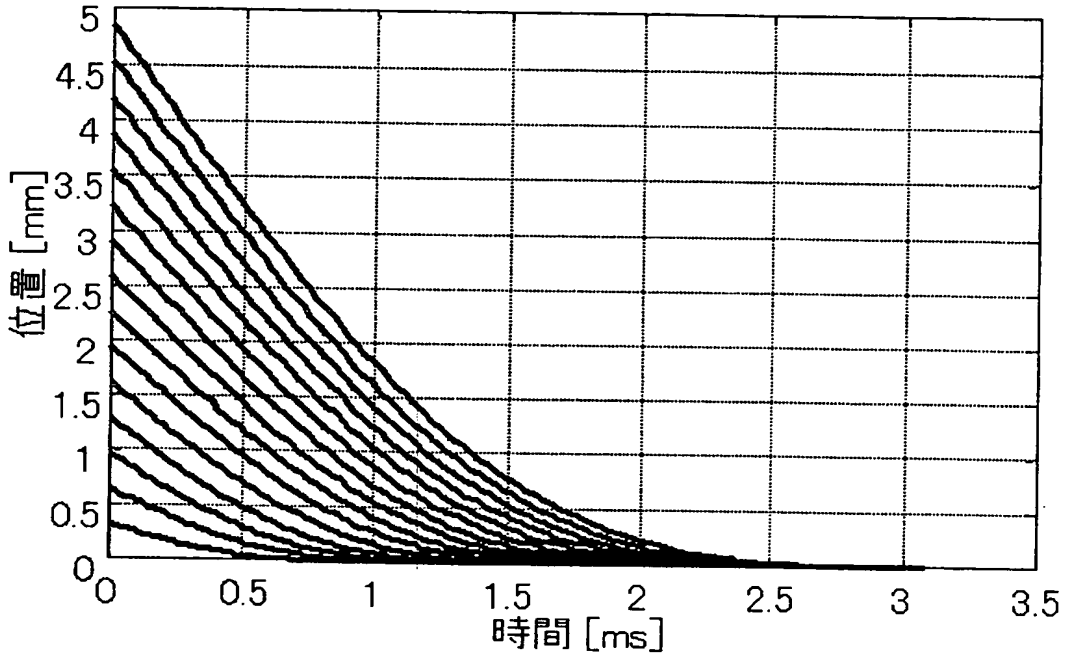

3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
v0 [m/s]
0
1
2
3
4
5
x0 [mm]

(A)

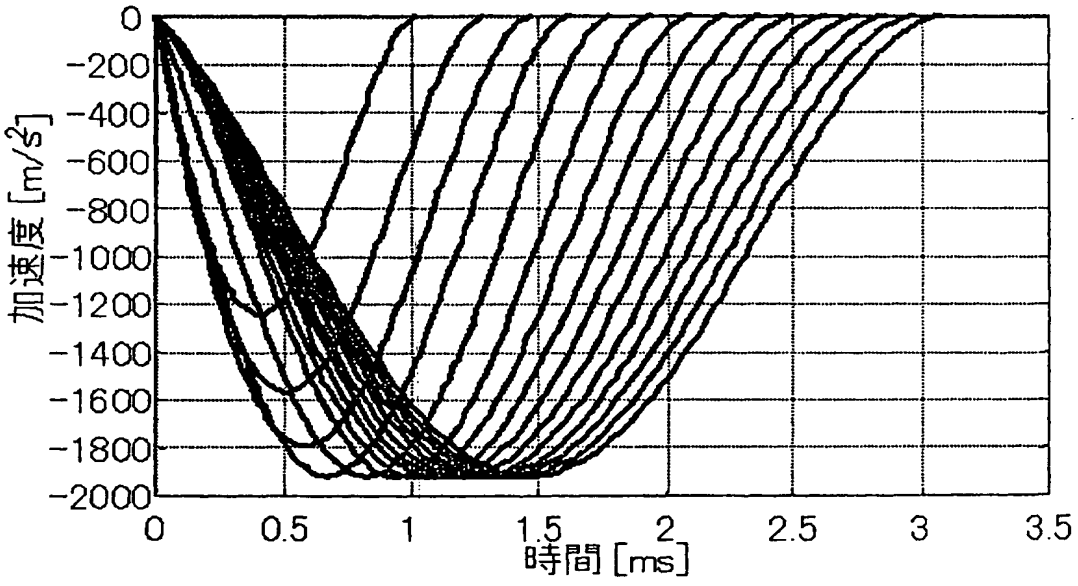

3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
T [ms]
0
1
2
3
4
5
x0 [mm]

(B)

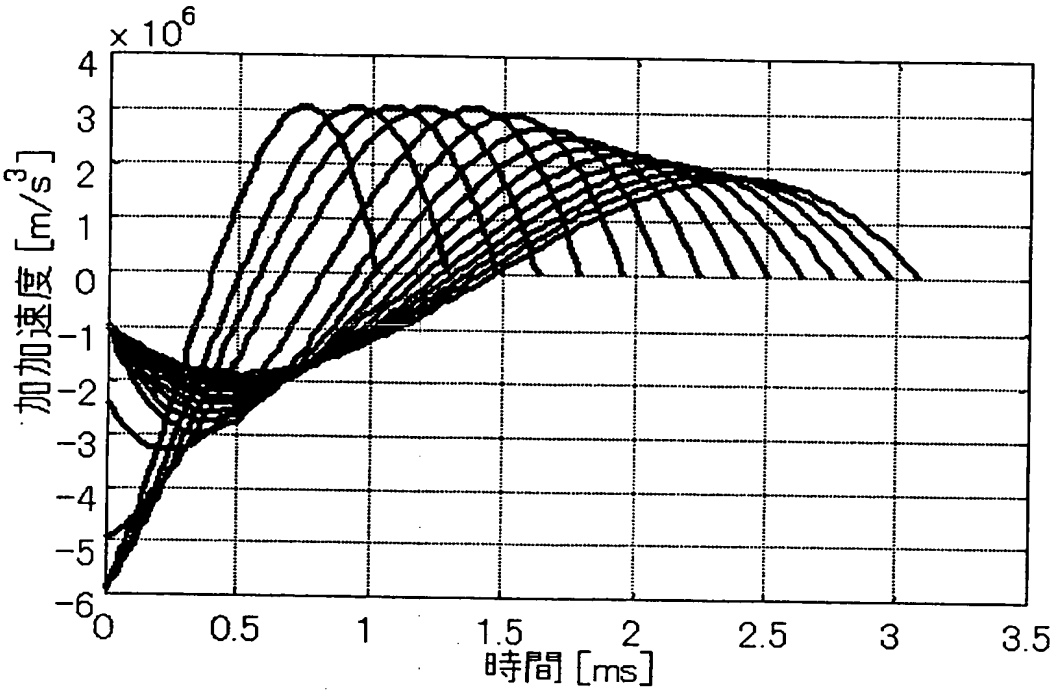
【図６】


位置 [mm]
時間 [ms]
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
4.5
5

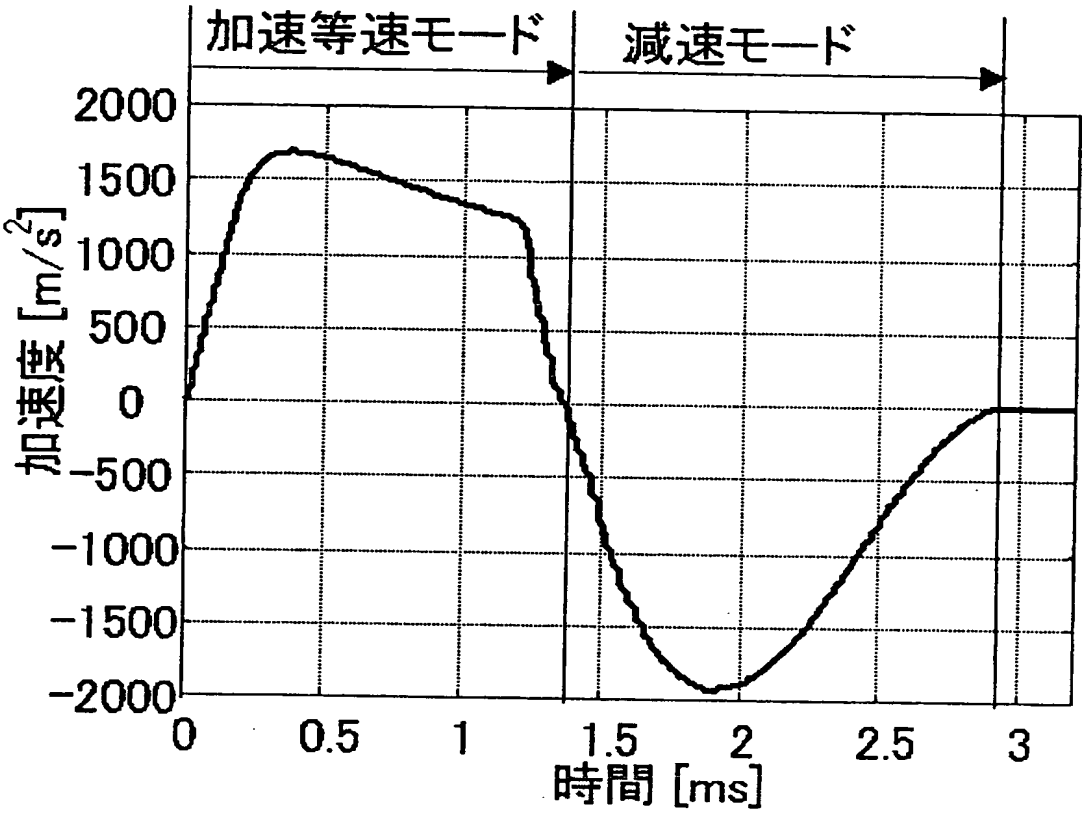
【図７】


加速度 [m/s²]
時間 [ms]
0
-200
-400
-600
-800
-1000
-1200
-1400
-1600
-1800
-2000
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5

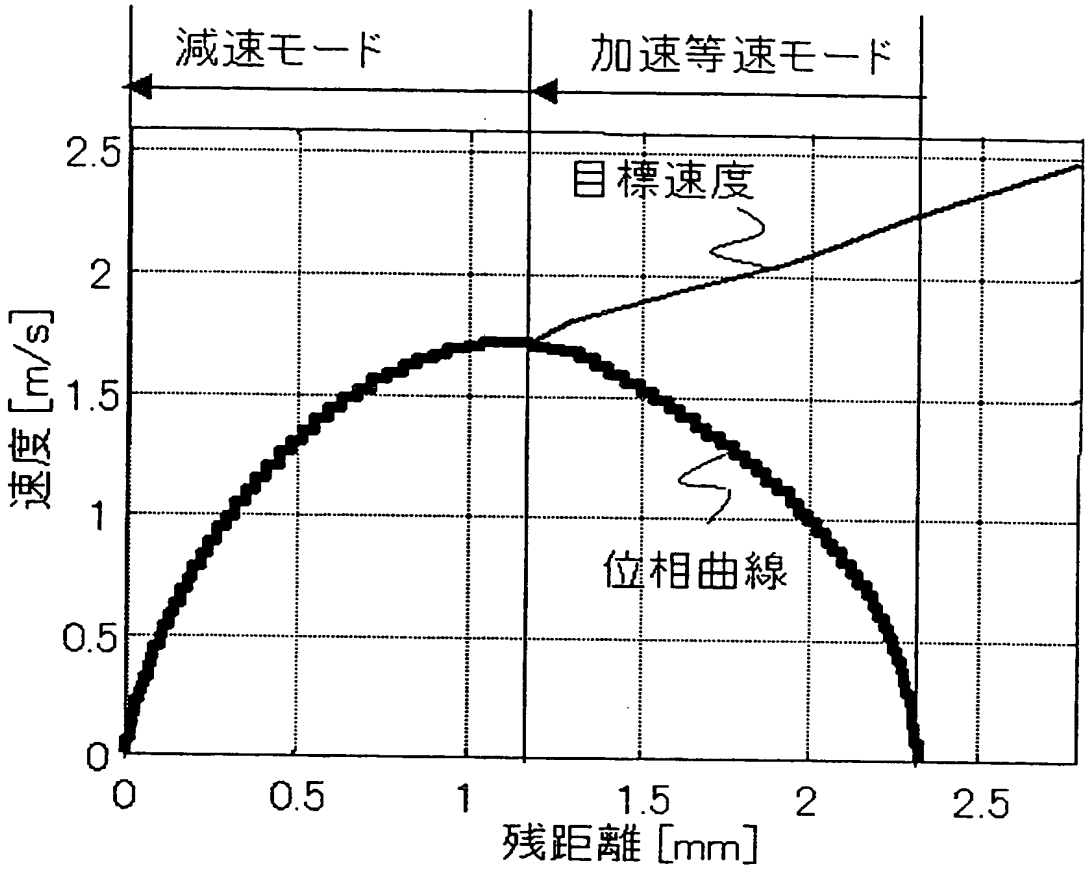
【図８】



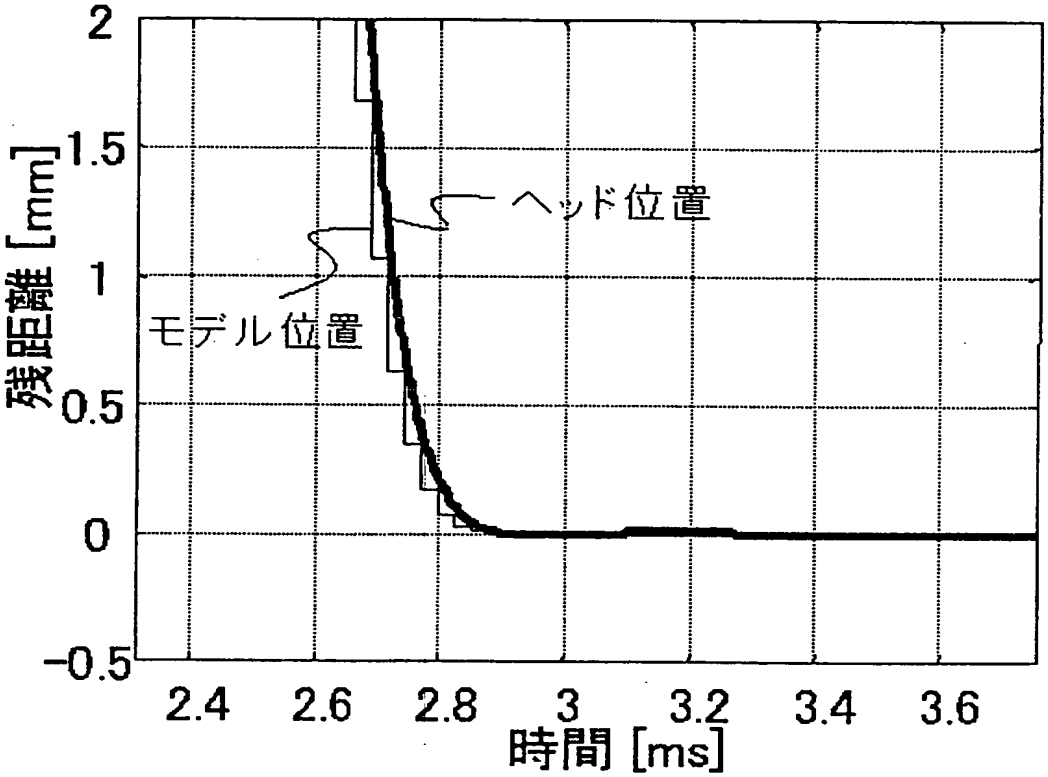
【図９】


加速等速モード
減速モード
2000
1500
1000
500
0
−500
−1000
−1500
−2000
加速度 [m/s²]
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
時間 [ms]

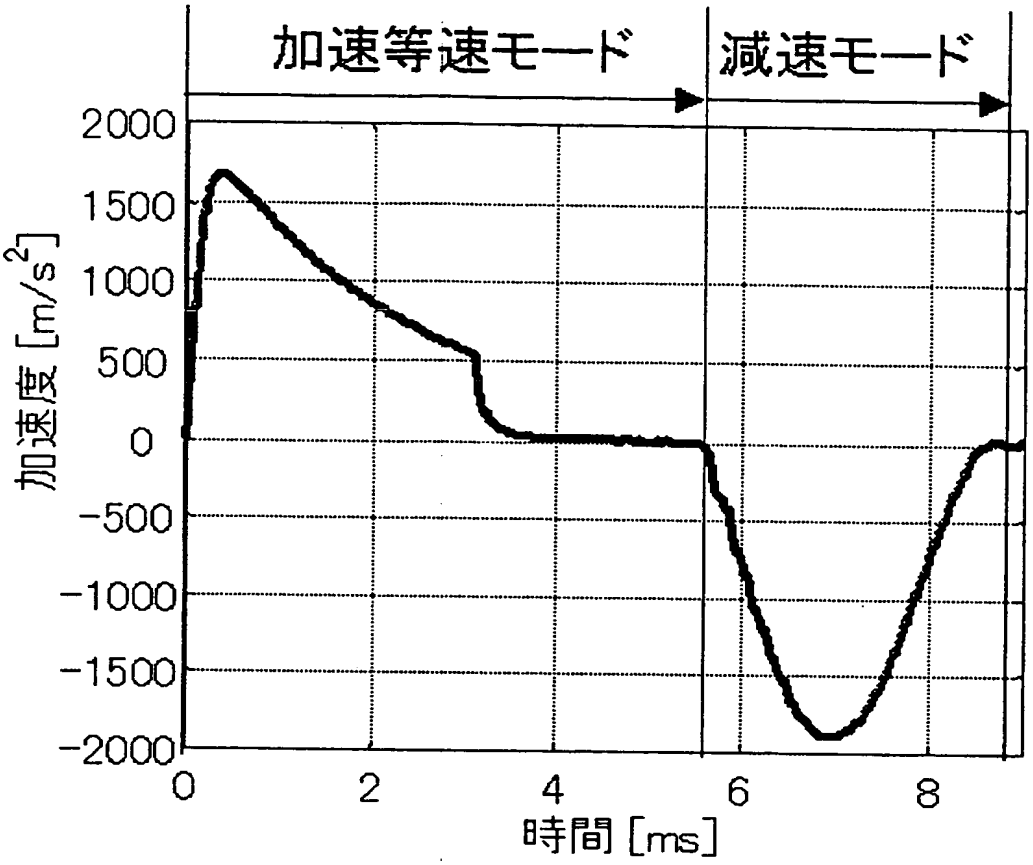
【図１０】



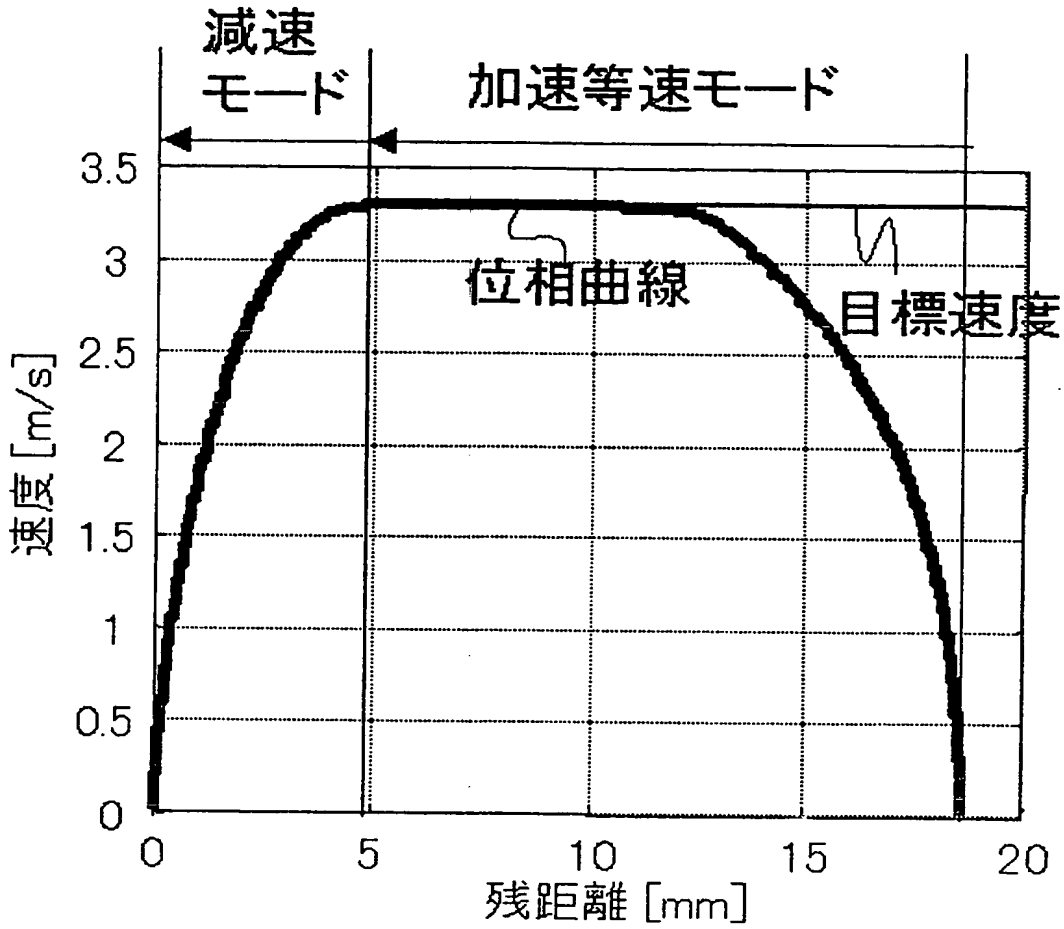
【図１１】



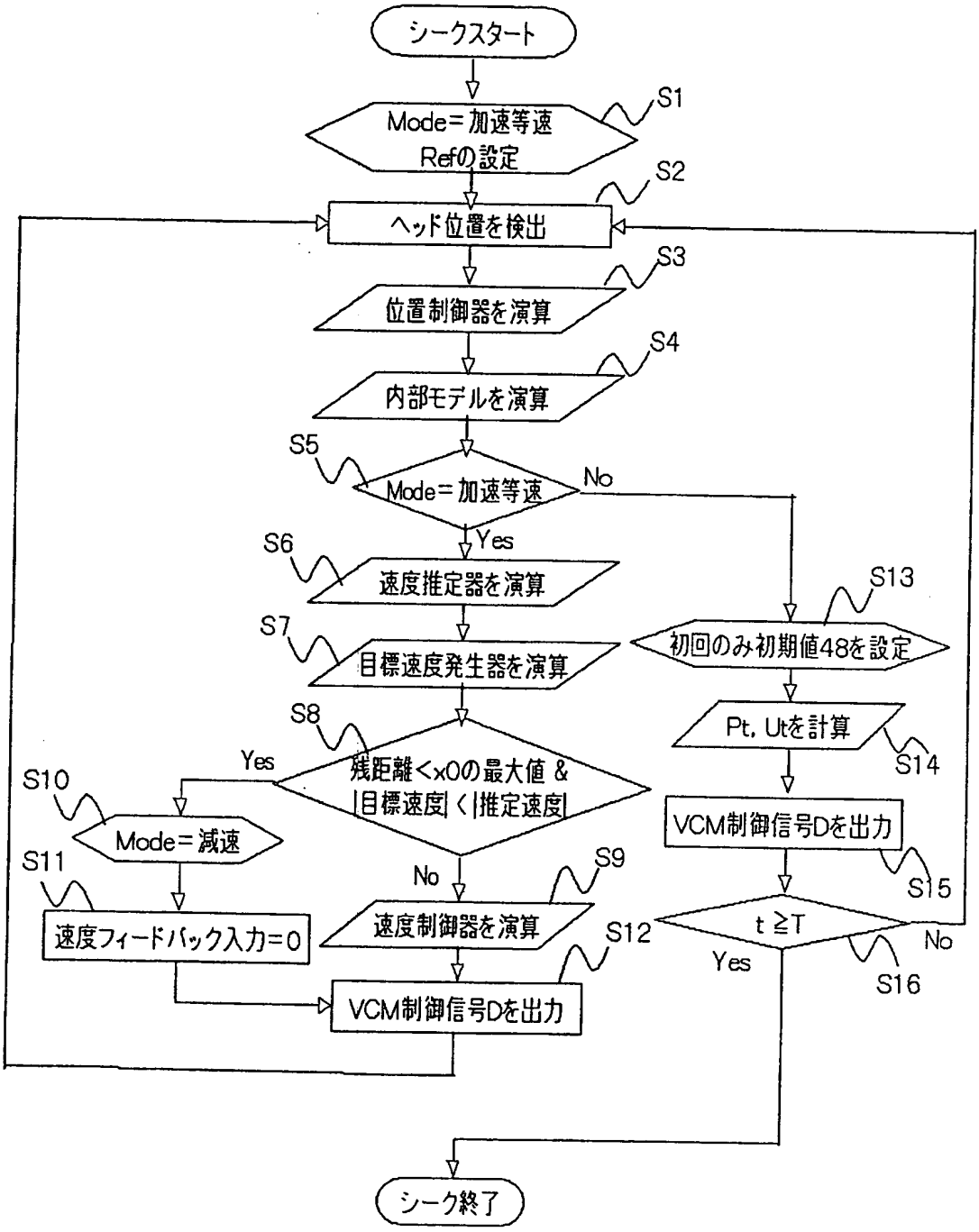
【図１２】


加速等速モード
減速モード
2000
1500
1000
500
0
−500
−1000
−1500
−2000
加速度 [m/s²]
0
2
4
6
8
時間 [ms]

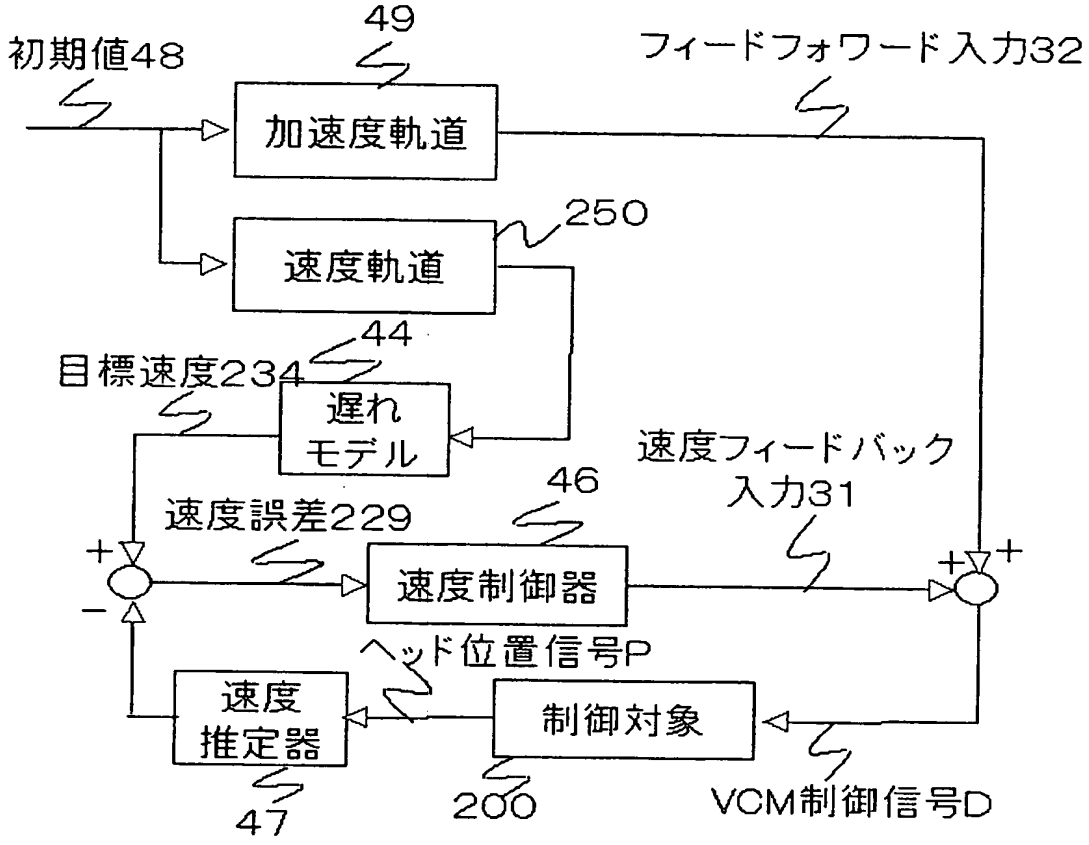
【図１３】



【図１４】


シークスタート
S1
Mode＝加速等速
Refの設定
S2
ヘッド位置を検出
S3
位置制御器を演算
S4
内部モデルを演算
S5
Mode＝加速等速
No
Yes
S6
速度推定器を演算
S7
目標速度発生器を演算
S8
残距離＜x0の最大値 &
|目標速度|＜|推定速度|
Yes
S10
Mode＝減速
S11
速度フィードバック入力=0
No
S9
速度制御器を演算
S12
VCM制御信号Dを出力
S13
初回のみ初期値48を設定
Pt, Utを計算
S14
VCM制御信号Dを出力
S15
t ≧T
No
Yes
S16
シーク終了

【図１５】


49
初期値48
フィードフォワード入力32
加速度軌道
250
速度軌道
44
目標速度234
遅れ
モデル
速度フィードバック
入力31
46
速度誤差229
速度制御器
ヘッド位置信号P
速度
推定器
制御対象
47
200
VCM制御信号D

【書類名】　　要約書

【要約】

【課題】　シーク動作中にボイスコイルモータＶＣＭ電圧飽和や等速モードにも対応でき、発生する振動が小さいシーク制御系を含む位置決め制御手段を備えた磁気ディスク装置を提供する。

【解決手段】　磁気記録媒体の情報を読み／書きする磁気ヘッドを目標位置に移動させる位置決め制御手段を備えた磁気ディスク装置において、位置決め制御手段が、シーク開始から操作量の符号が変化する時点までは、目標トラックと現在位置と残距離に基づき目標値を発生させる速度制御系であり、操作量の符号が変化した時点以降は、時間関数による軌道を目標値とした２自由度制御系である磁気ディスク装置。　ＶＣＭ電圧飽和や等速モードには、ヘッド位置の偏差に基づく速度制御系で対応でき、減速モードには、滑らかな軌跡を有する時間関数を用いた２自由度制御系を適用し、残留振動を抑制できる。

【選択図】　　図９

特願２００３－１５４３６５

出　願　人　履　歴　情　報

識別番号　　［０００００５１０８］

１．変更年月日　　１９９０年　８月３１日
［変更理由］　　新規登録
住　所　　東京都千代田区神田駿河台４丁目６番地
氏　名　　株式会社日立製作所